

08
TIE

71

Tie- ja vesirakennushallitus
Tiesuunnitteluosasto
Tiestötoimisto/Taloudellinen jaosto
8.2.1971

TIEINVESTOINTIEN TALOUDELLISESTA ARVIOINNISTA I

Arviointimenetelmiä



1. Johdanto

Täydellisen markkinamekanismin maailmassa hinnat heijastavat resursien todellista arvoa ja kaikki investoinnit tehdään siten, että valitsevalla korolla saadaan positiivien tuotto. Tällaista maailmaa ei kuitenkaan ole; markkinamekanismi on kyvytön heijastamaan todellisia yhteiskunnallisia kustannuksia ja hyötyjä investoinnissa. Pääomarajoitukset ja eriasteiset riskit luovat vaihtoehtoiskustannuksia siirrettäessä pääomia sektoreilta toisille. Siksi on tarpeen arvioida julkisia investointeja markkinamekanismin ulkopuolella.

Julkisten investointien motiivit ovat moninaiset: infrastruktuurin luominen palvelemaan tuotantoa, suhdanteiden tasoittaminen, työllisyyden elvyttäminen, alueellinen kehityspolitiikka yms. Tämänäntyyppisissä investoinneissa ei liiketaloudellisilla periaatteilla ole samaa merkitystä kuin yksityisissä sijoituksissa. Tällöin on luonnollista kysyä, mitä päätöksentekijä maksimoi eli mikä on kohdefunktio, kuinka pääomarajoitukset otetaan huomioon investointien suunnittelussa mitkä ovat pääoman siirtokustannukset sektorilta toiselle ja mitä diskonttauskorkoa käytetään. Toisin sanoen, mitkä ovat optimaalisen investointiohjelman perusteet.

Julkisten investointien arvioinnissa on keskeisenä ongelmana vaihtoehtoisten yhteiskunnallisten hyöty- ja kustannusvirtojen valitseminen. Perusolettamuksena julkisissa investoinneissa on kansantalouden kokonaiskulutuksen lisääminen. Tällöin olisi pyrittävä löytämään ne investointien arviointisäännöt, jotka maksimoivat kokonaiskulutuksen lisääntymisen ja sellainen aikapreferenssifunktio, joka kuvaisi eri aikoihin jakautuvan kulutuksen haluttavuutta. Kustannus- hyötyanalyysissä on useita arviointitekniikkoja, joilla pyritään asettamaan eri projektit prioriteettijärjestykseen kokonaiskulutuksen maksimoiseksi. Näissä tekniikoissa käytettyä laskenta- 1. diskonttokorkoa arvioidaan usein jonkinlaisen tuottokäsitteen pohjalta ja harvemmin yhteiskunnallisen aikapreferenssin näkökannalta. Kuitenkin julkisella sektorilla aikapreferenssikäsite on oikeutetumpi, koska yhteiskunta kokonaisuudessaan ei voi olla lainaaja tai lainanantaja. Yksityisissä investoinneissa juuri lainauskorot muodostavat diskonttokoron.

2. Sisäisen koron menetelmä

Sisäisen koron menetelmästä voidaan käyttää myös nimitystä "tuotto-menetelmä". Menetelmää luonnehtii diskonttokoron ratkaisu, ts. korko ratkaistaan suoraan laskentakaavion määritelmästä. Laskentakaavio määritellään seuraavasti:

$$(1) \quad C = \frac{X_1}{1+r} + \frac{X_2}{(1+r)^2} + \frac{X_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{X_n}{(1+r)^n} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{(1+r)^i}$$

missä X_i = vuotuiset tuotot (netto)

C = pääomakustannukset

r = tuntematon diskonttokorko

$i = 1, 2, \dots, n$ on investoinnin aikahorisontti.

Vaihtoehtoinen kaavio voidaan esittää:

$$(2) \quad X_0 = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{(1+r)^i} = 0$$

Laskentakorko r ratkaistaan yhtälöstä (1) tai (2). r tulkitaan tässä investoidun pääoman tuottosuhteeksi.

Koska sisäisen koron menetelmään ei liity diskonttokoron valintaa ja koska sitä käytetään yksityisissä investointilaskelmissa, luullaan sen johtavan optimaalisiin investointipäätöksiin myös julkisella sektorilla esim. maksimoimalla sisäinen korko tai hyväksymällä kaikki ne projektit, joiden sisäinen korko ylittää markkinoiden antolainaukorkon. Näin ei kuitenkaan asia välttämättä ole. Tarkastelemalla yhtälöä (2) havaitaan, että kaikki välituotot X_i diskontataan korolla r ja päädytään tilaan, jossa tulevaisuuden tulovirran (netto, summalauseke) nykyarvon ja tämän hetken tulovirran (X_0 , negatiivinen) summa $= 0$. Tällainen oletus on taloudellisessa mielessä epärealistinen, sillä ei ole mitään takeita yhtälön (2) nollautumisesta. Välituottojen X_i diskonttaus korolla r merkitsee, että nämä välituotot on kyettävä investoimaan uudelleen juuri korolla r . Tämähän sisältyy sisäisen koron määritelmään. Menetelmän epärealistisuus julkisissa investoinneissa johtuu erityisesti siitä, että julkisella sektorilla investointien tulovirrat eivät ole investoijan saatavissa.

Sisäisen koron menetelmää käytetään Suomessa melko laajalti julkisten investointien arvioinnissa. Perusteltuna menetelmän käytölle pidettäneen tavallisesti liiketaloudellisten periaatteiden välttämättömyyttä julkisella sektorilla, mikä väite ei tässä yhteydessä ole kokonaistaloudellisesti perusteltavissa.

3. Hyöty-kustannussuhde

Hyöty- kustannussuhdemenetelmä tähtää julkisen sektorin projektien prioritointiin yksinkertaisesti hyöty- kustannussuhteen perusteella. Hyödyt ja kustannukset diskontataan yleensä markkinakorkoa käyttäen (vertaus nykyarvomenetelmään koron valinnassa). Kuitenkin hyöty-kustannussuhde projektien järjestämiseksi riippuu voimakkaasti käyttö- ja pääomakustannusten suhteesta. ts. mitä alempi käyttö- ja pääomakustannusten suhde sitä edullisempi hyöty- kustannussuhde. Tämä suosii projekteja, joissa on alhaiset käyttökustannukset. Lisäksi hyöty- kustannussuhteen maksimointi ei välttämättä johda niiden investointien valintaan, jotka maksimoivat tulevaisuuden kulutuksen¹⁾.

Yllä esitetyn menetelmän sovellytyksena on tieinvestoinneissa käytetty ns. ensimmäisen vuoden tuottokerrointa. Tuottokerroin määritellään: projektin ensimmäisen vuoden hyöty jaettuna pääomakustannuksilla. Suhteiden suuruusjärjestys määrää prioritoinnin. Tällaisen tunnusluvun käyttö edellyttää vahvoja oletuksia kustannusfunktioista. Menetelmän eittämättömänä etuna on laskennallinen helppous. Sitä käytetään monissa maissa, ja sen sovellutusalueena voidaan pitää ennen kaikkea hankkeiden toteuttamisajankohdan optimointiongelmia.

1) Hirshleifer, J.: mt. s. 344 - 345

4. Hyödyt miinus kustannukset (nettonykyarvo)

Maksimoimalla hyöty- ja kustannusvirtoja erotukset nykyarvon (nettonykyarvo) saavutetaan tietyissä tilanteissa oikea investointien arvioimismenetelmä. Menetelmän laskentakaavio perustuu nykyarvosääntöön. Nykyarvosäännön yleinen muoto on:

$$K_0 + \frac{K_1}{1+i_1} + \frac{K_2}{(1+i_1)(1+i_2)} + \dots + \frac{K_n}{(1+i_1)(1+i_2)\dots(1+i_n)} = C,$$

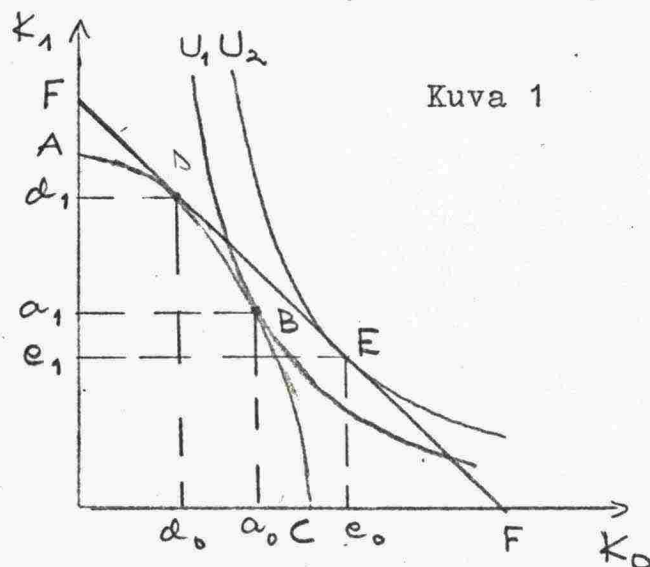
missä C on parametri ja i_1 on diskonttokorko periodien 0 ja 1 välillä, i_2 periodien 1 ja 2 välillä, jne. Jos $i_1 = i_2 = \dots = i_n = i$, saadaan yleisimmin käytetty muoto:

$$C = \sum_{k=0}^n \frac{K_k}{(1+i)^k}.$$

K_1, K_2, \dots, K_n ovat periodien 1, 2, ..., n nettotuottoja ja K_0 on negatiivinen: investoitu määrä.¹⁾

Diskonttokorko i tulkitaan yleisesti nykyarvosäämmöksi pääoman kustannukseksi. Niinpä jos investoija on selvästi lainaaja tai lainanottaja, on diskonttokoron valinta selvä. Samoin jos otto- ja antolainauskorko on sama, tämä on laskentakorko. Jos esim. tuotantomahdollisuudet, aikapreferenssi ja markkinointi ovat sellaiset, että optimin saavuttamiseksi on otettava lainaa, lainan korko on valittava diskonttokorko.

Vaikka nykyarvosääntö antaakin optimaalisen investointipäätöksen tilanteessa, jolloin otto- tai antolainauskorko on selvä, sääntö ei välttämättä johda hyödyn maksimointiin. Tämän osoitti ensimmäisenä Fisher, jota ratkaisua on myöhemmin laajennettu.



Kuviossa 1 käyrä AC esittää investoijan sijoitusmahdollisuuksia (2 kauden investointi). AC siis osoittaa kauden 0 tulojen siirtomahdollisuudet kauteen 1. Käyrät U_1 ja U_2 ovat investoijan hyödyn indifferenssikäyriä.

Jos investoija ei voi lainata tai antaa lainaksi, hän maksimoi hyötynsä pisteessä B. Kyseisessä pisteessä kauden 0 tulojen rajatransformaatiosuhde kaudelle 1 sivuaa investoijan indifferenssikäyrää U_1 . Tulonjakautuma on Oa_0 periodille 0 ja Oa_1 periodille 1.

Jos taas investoijalla on mahdollisuus lainaustoimintaan korolla $1+i$, mitä suora FF esittää, piste B ei ole enää optimi. Tässä tapauksessa investointia tapahtuu pisteeseen D saakka, jolloin kauden 0 tulot ovat Od_0 ja kauden 1 tulot Od_1 . Sen sijaan, että investoija jäisi pisteeseen D, hän lainaa kulutukseen periodilla 0 ja siirtyy pisteeseen E, missä investointikausien tulojakautuma on Oe_0 ja Oe_1 . Tässä pisteessä yhtyvät rajasubstituutiosuhde, korko ja rajatransformaatiosuhde. Investoija siis investoi periodilta 0 määrän Cd_0 saadakseen tulon Od_1 kaudella 1. Sitten hän lainaa tulevaisuuden tuloistaan lisätäkseen tämänhetkistä kulutustaan. Lainan määrä periodilla 0 on $e_0 d_0$, minkä lainan hän maksaa takaisin luopumalla tulosta kaudella 1 määrän $e_1 d_1$. On selvää, että investoija joutuu luopumaan enemmän kauden 1 tuloista, mitä hän saa kulutukseen kaudella 0 koron maksusta johtuen. Korko on $(e_1 d_1)/(e_0 d_0) = 1+i$. Siis nykyarvosääntö ei anna täydellistä ratkaisua, sillä se osoittaa vain investointia tapahtuvan pisteeseen D saakka. Kuitenkin lainaaminen tai lainaksi antaminen on tärkeä osa ratkaisua. Tästä sääntö ei sano mitään²⁾.

Nykyarvosääntöä käytettäessä ei siis ole mitään etukäteistä korkoa $(1+i)$, jos pyritään täydelliseen ratkaisuun. Laskentakorko on hyödyn maksimointiongelman ratkaisun tulos: diskonttokorko on sijoitusmahdollisuuskäyrän AC ja indifferenssikäyrän U_2 välinen tangentti.

1) Hirshleifer, J.: mt s. 330 - 345

2) Hirshleifer, J.: mt. s. 330 - 334

Edellä esitetyt muutamat suhteellisen yksinkertaiset tavoitefunktion formuloinnit ovat tavalla tai toisella väärään tulokseen johtavia tai epätäydellisiä. Tämä johtuu siitä, että julkisia investointeja arvioitaessa tulisi tavoitefunktioihin sisältyä yhteiskunnallisen aikapreferenssin ja pääoman vaihtoehtoiskustannuksen näkökohdat.

5. Täsmällinen tavoitefunktio

Edellä mainitut näkökohdat huomioon ottaen on Steiner²⁾ muodostanut tavoitefunktion, jonka hän sitten maksimoi tiettyjen rajoitusten alaisena. Tavoitefunktion muoto on:

$$Z = \sum_{i,j} x_{ij} y_{ij}, \text{ missä}$$

$$y_{ij} = (G_{ij} - a_3 k_{ij}) - (G_j - a_4 l_j) - a_2 m_{ij},$$

x_{ij} = julkisen projektin i taso tarkoitukseen j ($0 - x_{ij} - 1$)

G_{ij} = ij :n julkisen projektin diskontattu nettohyöty

$$(\text{ts. } G_{ij} = \sum_{t=0}^n \frac{B_{ij}^t - C_{ij}^t}{(1+\pi)^t}, \quad B_{ij}^t = \text{projektin } ij \text{ suorat ja välil-}$$

liset hyödyt vuonna t , C_{ij}^t = projektin suorat ja välissiset kustannukset vuonna t , π = yhteiskunnallinen diskonttokorko)

G_j = syrjäytetyn yksityisen projektin diskontattu (π) nettohyöty

k_{ij} = projektin ij rasitus rajoitutussa valtion budjetissa

l_j = syrjäytetyn yksityisen projektin pääomakustannus

m_{ij} = yksityiseen sektoriin kohdistuva verotus, joka tarvitaan rahoittamaan julkista projektia ij

a_3 = julkisen rajaprojektin tuotto

a_4 = yksityisen " "

a_2 = niiden yksityisten varojen korko, joita tarvitaan rahoittamaan julkista projektia ij .

Rajoituksina mallissa ovat budjettirajoitus ($\sum_{i,j} x_{ij} k_{ij} \leq K$)

epäjatkuvuus (esim. normitetut tieleveudet: 5m, 10m, jne.) ja "yhteensopimattomuusrajoitukset (ts. kaikista tarkastelussa olevista projektin vaihtoehtoista, jotka voivat tuottaa palvelun j , valitaan vain yksi, ei vaihtoehtopuolikkaita).

Mallissa y_{ij} :n ensimmäinen termi ($G_{ij} - a_3 k_{ij}$) on annetun projektin

nettohyöty G_{ij} , josta vähennetään projektiin käytetyn pääoman tuotto (a_{3ij}^k) jossakin julkisessa rajaprojektissa. Termi $(G_j - a_{4j}^l)$ ilmoittaa yksinkertaisesti syrjäytetyn yksityisen investoinnin nettohyödyn. Lopulta jos julkisen projektin rahoitukseen tarvitaan verotusta, termi a_{2ij}^m ilmoittaa sen tulon, jonka tämä rahamäärä (verotettu) olisi generoinut yksityisellä sektorilla. Tulevaisuuden tulovirrat maksimoidaan maksimoimalla Z . Malli tuottaa luonnollisesti myös projektien prioritoinnin ¹⁾²⁾.

Edellä esitetty malli on erittäin teoreettinen ja sen sovellutus käyttöön tuottaa vaikeuksia. Steiner on artikkelissaan esittänyt mallin ratkaisun sekä sovellutusesimerkin maksimoinnin, johon tämä esityksen yhteydessä ei voi puuttua.

Mallissa esiintyy termi π : yhteiskunnallinen diskonttokorko. Tämä korko voidaan tulkita yhteiskunnan aikapreferenssifunktion yksittäiseksi arvoksi. Seuraavassa tarkastellaan muutamia yhteiskunnallisen l. kansantaloudelliseen laskentakorkoon vaikuttavia tekijöitä.

1) Steiner, Peter G.: mt. s. 897 - 904

2) Friedlander, Ann F.: mt. s. 248 - 252

6. Arviointimenetelmien soveltuvuus ja käyttöalueet tie- ja vesirakennuslaitoksessa

Tieinvestointien arviointiin käytettävän menetelmän tulisi täyttää ainakin seuraavat ehdot.

- (1) arvioinnin tulee olla kokonaistaloudellinen
- (2) tuloksen tulee mahdollistaa vertailu julkisten investointien kesken eri sektoreilla
- (3) tuloksen tulee olla mahdollisimman vähän herkkä erilaisille epävarmuustekijöille
- (4) arvioinnin käyttökustannusten tulee olla pienet

Tieinvestointien arviointiin on maassamme käytetty pääasiallisesti sisäisen koron menetelmää. Sisäinen korko on kuitenkin julkisissa investoinneissa suuresti epävarma kannattavuuden indikaattori. Tästä syystä sen sijasta tulisi siirtyä käyttämään tarkoitukseen paremmin soveltuvia arviointimenetelmiä: nykyarvo- ja/tai hyöty-kustannussuhdemenetelmää.

Arviointimenetelmien käyttöalueet tieinvestointien suunnittelussa ehdotetaan määriteltäväksi seuraavasti:

a. Hankekohtaiset erityistarkastelut

Hankekohtaisissa erityistarkasteluissa voidaan soveltaa monia eri arviointimenetelmiä riippuen kulloisestakin ongelmasta. Esimerkkinä mainittakoon nettonykyarvon maksimointi, kokonaiskustannusten nykyarvon minimointi, hyöty-kustannussuhteen maksimointi, 1. vuoden tuottokertoimen maksimointi, vuotuiskustannusten minimointi jne.

b. Tieverkkosuunnittelu

Tieverkkosuunnittelussa voidaan käyttää erilaisia arviointimenetelmiä, tavallisimmin kuitenkin nettonykyarvo- tai kokonaiskustannusten nykyarvomenetelmää. Jälkimmäinen soveltuu tosin vain saman hankkeen (erillinen tiehanke tai tieverkko) eri vaihtoehtojen väliseen vertailuun, ei hankkeiden väliseen vertailuun. Pitemmällä tähtäyksellä eriasteisessa tieverkkosuunnittelussa pyritään soveltamaan matemaat-

tista ohjelmointia tavoitteena nykyarvoparametrin maksimointi

c. Ohjelmointi

- (1) tarveselvityksessä, joka laaditaan 12 - 15 vuoden päässä olevaa tilannetta varten, sovelletaan ns. suunnittelu-standardeja, jotka määrittelevät yleisesti tiestön ominaisuuksia koskevat tavoitteet liikenteen funktiona. Suunnittelustandardeissa eräänä osatekijänä on kokonaistaloudellinen kannattavuus.
- (2) tieohjelmassa, joka sisältää tiepoliittisen kokonaishjelman sekä piirikonttorien omat toimintasuunnitelmat n.10 vuodeksi, pyritään alustavasti täsmentämään toimenpiteiden valintaa ja ajoitusta. Tällöin hankkeita arvioidaan niiden 1. vuoden tuottokertoimen perusteella. Tämän lisäksi voidaan soveltaa nettonykyarvomenetelmää.
- (3) toimenpideohjelmassa, joka laaditaan tieohjelman perusteella 5 vuodeksi ja joka sisältää täsmällisen vuosittaisen toimintaohjelman, sovelletaan kuten tieohjelmassakin 1. vuoden tuottokerroinmenetelmää ja mahdollisesti lisäksi nettonykyarvomenetelmää.

Lopuksi eräitä näkökohtia kustannusten ja hyötyjen kohdentumisesta tieinvestoinneissa. Tieinvestointien kokonaistaloudellisia hyötyjä ja kustannuksia koskevia arvioita voidaan täydentää arvioilla hyötyjen ja kustannusten kohdentumista. Investointien vaikutuksia voidaan tarkastella useilla tasoilla esimerkiksi pelkästään tielaitoksen, kyseisen kuljetusmuodon, valtiontalouden sekä koko kansantalouden kannalta. Edelleen voidaan ajatella jatkettavaksi tällaista analyysiä tutkimalla mitkä tienkäyttäjryhmät kulloinkin investoinnista koituvan hyödyn saavat, ja kenen kannettaviksi kustannukset lopulta jäävät. Tämän tyyppisiä arvioita voidaan esittää investointihankkeista varsinaisen kustannus-hyötyanalyysin tuloksen ohella.

Sivulla 9 olevan luettelon viimeiseen kohtaan(4)liittyen on todettava, että atk:n tehokas hyväksikäyttö yllä esitetyn järjestelmän soveltamisessa on välttämätöntä.

JIR & OP / A-KH

Lähdeluettelo

- Friedlander, Ann F.: Public investment criteria, Kansantaloudellinen
Aikakauskirja 1964,
Helsinki 1965
- Hirshleifer, J: . On the theory of optimal investment decision,
Journey of Political Economics, Vol LVVI
August 1958
- Steiner, Peter O.: Choosing among alternative public investment
in the water resource field, The American
Economic Review, Vol XLIX, December 1959